



**University of
Zurich^{UZH}**

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2008

John Tyndall - zum 150. Jahrestag seiner Ehrenmitgliedschaft in der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

Brandl, H

Abstract: Die Naturforschende Gesellschaft in Zürich verlieh John Tyndall die Ehrenmitgliedschaft. Dies jährt sich 2008 zum 150. Mal. Der irische Physiker und Alpinist ist wohl am besten durch den so genannten «Tyndall-Effekt» bekannt, welcher die Streuung eines Lichtstrahls an feinen Schwebepartikeln in der Luft (oder in einer Lösung) beschreibt. Tyndalls Untersuchungen belegten ausserdem das Vorkommen und den Transport von Mikroorganismen in der Luft, welche sehr heterogen in der Atmosphäre verteilt sind. Als Alpinist beschäftigte er sich auch mit dem Fliessverhalten von Eis und Gletschern. Eine Arbeit dazu wurde 1858 in der Vierteljahrsschrift veröffentlicht.

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich
ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-10992>
Journal Article

Originally published at:

Brandl, H (2008). John Tyndall - zum 150. Jahrestag seiner Ehrenmitgliedschaft in der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 153(1/2):1-6.

John Tyndall – zum 150. Jahrestag seiner Ehrenmitgliedschaft in der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

Helmut Brandl (Zürich)

Zusammenfassung

Die Naturforschende Gesellschaft in Zürich verlieh John Tyndall die Ehrenmitgliedschaft. Dies jährt sich 2008 zum 150. Mal. Der irische Physiker und Alpinist ist wohl am besten durch den so genannten «Tyndall-Effekt» bekannt, welcher die Streuung eines Lichtstrahls an feinen Schwebepartikeln in der Luft (oder in einer Lösung) beschreibt. Tyndalls Untersuchungen belegten ausserdem das Vorkommen und den Transport von Mikroorganismen in der Luft, welche sehr heterogen in der Atmosphäre verteilt sind. Als Alpinist beschäftigte er sich auch mit dem Fliessverhalten von Eis und Gletschern. Eine Arbeit dazu wurde 1858 in der Vierteljahrsschrift veröffentlicht.

John Tyndall – in memory of the 150th anniversary of his honorary membership in the Naturforschende Gesellschaft in Zurich

150 years ago (in 1858), the Irish physicist John Tyndall was given the Honorary Membership by the Naturforschende Gesellschaft in Zurich. The work of Tyndall is probably best known by the «Tyndall effect» that describes the scattering of light by particulate matter in the air (or also in solution). His investigations proved in addition the occurrence and the transport of microorganisms in the air which are distributed in the atmosphere very inhomogeneously. As passionate mountaineer he studied also the flow properties of ice and glaciers. A publication from 1858 in the Vierteljahrsschrift of the Naturforschende Gesellschaft addressed this topic.

Schlagwörter: Bioaerosole – Ehrenmitglied – Eis – Gletscher – Tyndall-Effekt
Key words: bioaerosols – honorary member – ice – glacier – Tyndall effect

1 STAUBPARTIKEL UND LICHT

Dringt Sonnenlicht durch eine kleine Öffnung in einen stark abgedunkelten Raum, so wird das Licht an den sehr feinen Schwebepartikeln gestreut und der Lichtstrahl, bzw. die das Licht streuenden Staubteilchen sind von blossen Auge erkennbar (Abb. 1). Man spricht vom sogenannten «Tyndall-Effekt», der erstmals durch den irischen Eisenbahn-Ingenieur, Mathematiker, Chemiker und Physiker John Tyndall (1820–1893) beschrieben wurde. Tyndall bemerkte dazu (TYNDALL, 1881): «*Solar light, in passing through a dark room, reveals its track by illuminating the dust floating in the air.*» Er nahm dabei Bezug auf eine Aussage von Nathaniel Culverwel [auch «Daniel» oder «Nathanael» oder «Culverwell»], einem Philosophen und Theologen aus dem 17. Jh. (CULVERWEL, 1652): «*The Sun discovers atoms, though they be invisible by candlelight, yet that makes them dance naked in his beams.*» Schon um 1865 hatte sich

Tyndall mit Phänomenen des Lichts auseinandergesetzt und nutzte feine Staubpartikel, um Lichtstrahlen sichtbar zu machen. Erst später kam er dann auf die Idee, seine Beobachtungen «im umgekehrten Sinn» anzuwenden und mit Hilfe von Licht luftbürtige Partikel sichtbar zu machen. Er schrieb (TYNDALL, 1881): «*For fifteen years it had been my habit to make use of floating dust to reveal the paths of luminous beams through the air; but until 1868 I did not intentionally reverse the process, and employ a luminous beam to reveal and examine the dust.*»

Der Tyndall-Effekt wird heute z. B. in optischen Rauchmeldern genutzt (siehe dazu auch www.rauchmelder.de oder www.ff-berlin-blankenburg.de/rauch_meld.htm): Die Licht-Reflexion von partikel-armer («klarer») Luft ist praktisch vernachlässigbar. Befinden sich aber Rauchpartikel in der Luft und somit in der optischen Kammer des Rauchmelders, so wird ein von einer Infrarot-Leuchtdiode aus-



Abb. 1. Sonnenlicht dringt durch die Decke einer alten militärischen Festung bei Qeparoi, Albanien (Photo: H. Brandl).

Fig. 1. A beam of sunlight is penetrating the ceiling of an old fortress near Qeparoi, Albania (Photo: H. Brandl).

gesandter Lichtstrahl an den Rauchpartikeln gestreut. Ein Teil dieses Streulichtes fällt dann auf einen lichtempfindlichen Sensor, der nicht direkt vom Lichtstrahl beleuchtet wird, und der Rauchmelder spricht an. Ohne (Rauch-)Partikel in der Luft kann der Prüf-Lichtstrahl die Fotodiode nicht erreichen. Optische Rauchmelder werden bevorzugt eingesetzt, wenn bei einem allfälligen Brandausbruch mit vorwiegend kaltem Rauch (Schwelbrand) zu rechnen ist. Auch die Unterhaltungsbranche macht sich mit dem Einsatz von Laserlicht (und oft auch künstlichem Nebel oder Rauch) den Tyndall-Effekt für die Beleuchtung von Discotheken oder für nächtliche Laser-Shows zu Nutze.

2 ERNENNUNG ZUM EHRENMITGLIED

1858 wurde John Tyndall als Ehrenmitglied in die Naturforschende Gesellschaft in Zürich aufgenommen. Somit jährt sich die Verleihung der Ehrenmitgliedschaft im Jahr 2008 zum 150. Mal. Im Protokoll der Hauptversammlung vom 29. März 1858 wird festgehalten: «Als Ehrenmitglied wird einstimmig gewählt Hr. Prof. John Tyndall in London.» Im «Verzeichniss der Mitglieder der naturforschenden Gesellschaft in Zürich» (publiziert im 4. Jahrgang der Vierteljahrsschrift von 1859) wird John Tyndall als 29. Ehrenmitglied neben 117 ordentlichen und 14 «correspondirenden» Mitgliedern aufgeführt. Das Vorstandsmitglied Rudolf Clausius informierte John Tyndall am 23. Mai 1858 über die Ehrung, welche dieser in einem Brief an Clausius vom 28. Mai verdankt (Abb. 2).

3 MIKROORGANISMEN IN DER LUFT

John Tyndall sprach 1870 in einem Vortrag über «Dust and Disease» («Staub und Krankheit») und schloss auf einen direkten Zusammenhang zwischen Infektionskrankheiten und luftbürtigen Mikroorganismen (SOENTGEN, 2006). Zum Vorkommen von «Myriaden» von Mikroben in der Luft bemerkte er (TYNDALL, 1876): «In his Presidential Address to the British Association at Liverpool, Professor Huxley [der britische Biologe Thomas H. Huxley] ventured the statement that myriads of germs are floating in our atmosphere. Certain experimenters have rashly ridiculed this statement. In view of the forgoing calculation [einer rechnerischen Abschätzung über das Vorkommen von Mikroorganismen in der Luft: In einem Zimmer mit einem Volumen von ungefähr 127 m³ fallen pro Tag mindestens 30 Millionen Mikroorganismen in die mit Nährlösung gefüllten offenen Reagenzgläser] it, however, expresses the soberest fact. Indeed,

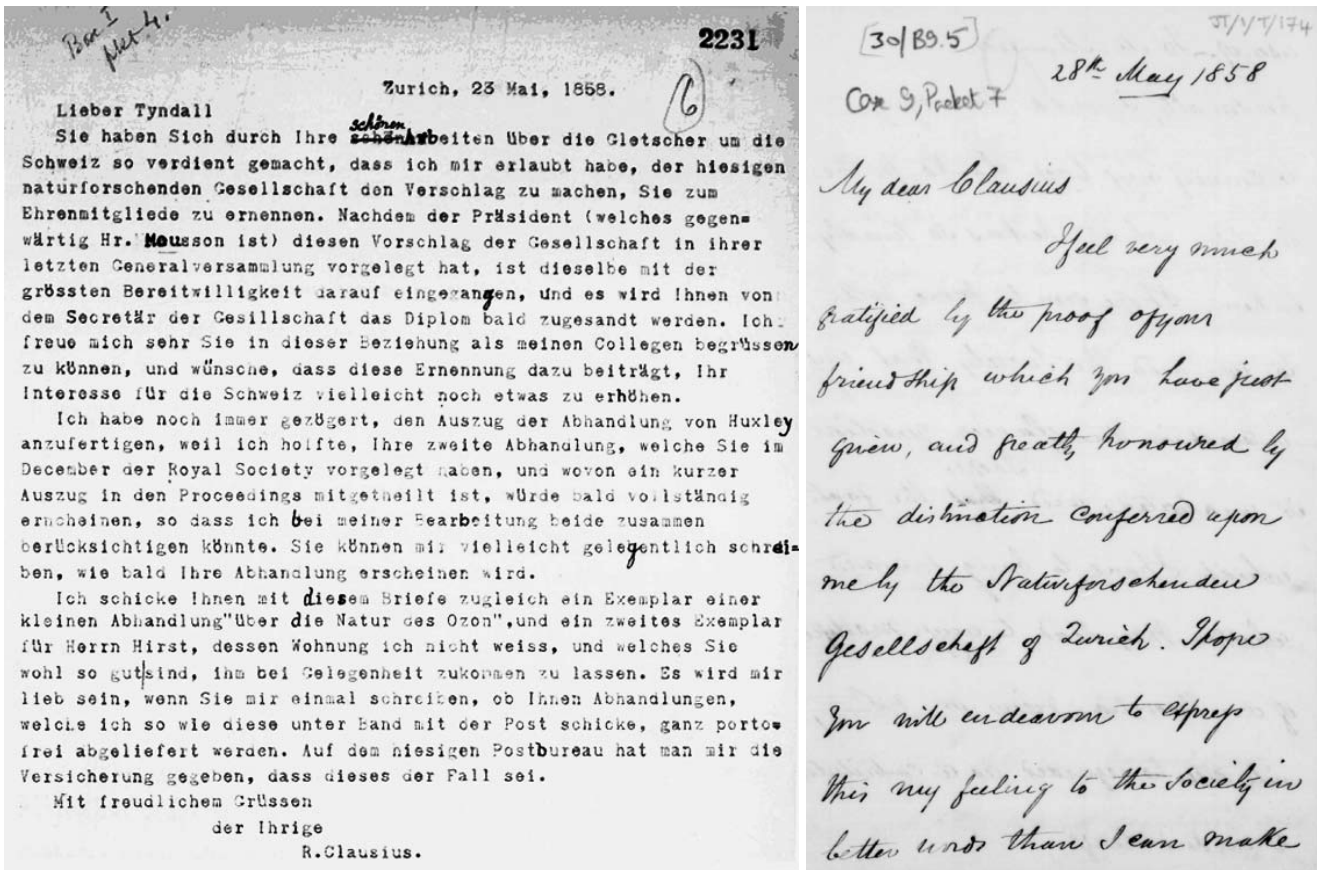


Abb. 2. Reproduktion der Korrespondenz zwischen der Naturforschenden Gesellschaft und John Tyndall. a: Mitteilung von Rudolf Clausius an John Tyndall über die Ernennung zum Ehrenmitglied der NGZ (23. Mai 1858); b: Ausschnitt aus dem Dankesbrief von John Tyndall an Rudolf Clausius (28. Mai 1858).

Fig. 2. Reproduction of the correspondence between the Naturforschenden Gesellschaft and John Tyndall. a: Letter of Rudolf Clausius to John Tyndall on the Honorary Membership (23th May 1858); b: part of John Tyndall's letter to Rudolf Clausius (28th May 1858).

taking the word *myriad* in its literal sense of *ten thousand*, it would be simple bathos to apply it to the multitudinous germs of our air.» Weiter ergänzt Tyndall: «*This, moreover, would only be a fraction – probably a small fraction – of the germs really be present in the air.*»

Tyndall beschrieb, dass Luft dann «optisch leer», d. h. partikelfrei war, wenn sie durch Watte gefiltert wurde. Nachdem es dem Chirurgen Josef Lister (1827–1912) gelang, mittels antiseptischen Techniken Komplikationen und Sterblichkeit in Spitälern zu reduzieren, stellte er die Hypothese auf, dass Infektionen durch Mikroorganismen in der Luft übertragen werden können. Zum Beweis baute Tyndall eine verschliessbare Sterilkammer, einen Holzschrank mit Glasfront (GAVIN, 2005). Die Wände waren mit Glycerin bestrichen, an welches Staubpartikel gebunden wurden. Mit einem seitlich eintretenden Lichtstrahl verfolgte er das

Absetzen der Staubteilchen. Wenn keine Teilchen mehr sichtbar waren, gab er zu den eingebauten Glasröhrchen ein Nährmedium und beobachtete, ob Mikroorganismen wuchsen. Da nach drei Tagen in den Teströhrchen kein Wachstum beobachtet wurde und diese steril blieben, schloss er, dass keine Bakterien mehr in der Luft vorhanden waren. Im Gegensatz dazu zeigten gleiche, jedoch offen aufgestellte Röhrchen deutliches Bakterienwachstum.

Durch seine Beobachtungen kam Tyndall ausserdem zum Schluss, dass das Auftreten von Mikroorganismen in der Luft als «bacterial clouds» durch eine grosse Heterogenität sowohl in qualitativer wie auch in quantitativer Hinsicht gekennzeichnet ist (TYNDALL, 1876): «*From the irregular manner in which the tubes are attacked we may infer that, as regards quantity, the distribution of germs in the air is not uniform. A single tube will sometimes by*

*a day or more in advance of its neighbors. The singling out, moreover, of one tube of the hundred by the particular Bacteria that develop a green pigment, and other cases just adverted to, shows that, as regards **quality**, the distribution is not uniform.»*

Tyndalls Beobachtungen können auch durch heutige Messungen bestätigt werden. Je nach Situation werden sogar regelmässige, «wellenförmige» Ausbreitungsmuster von luftbürtigen Mikroorganismen z. B. in Innenräumen (in diesem Fall der Lichthof der Universität Zürich-Irchel) beobachtet (Abb. 3).

4 DER ALPINIST JOHN TYNDALL

John Tyndall war auch ein begeisterter Bergsteiger. Fünfundzwanzig Jahre lang verbrachte er jeden Sommer in Belalp-Blatten im Wallis, wo er am 19. August 1861 zusammen mit den Führern Johann Joseph Brennen und

Ulrich Wenger als erster das 4505 m hohe Weisshorn oberhalb von Randa bestieg. Beinahe gelang ihm 1862 auch die Erstbesteigung des Matterhorns. Er scheiterte aber ungefähr 200 Meter unter dem Gipfel. Ein kleiner Felssporn auf 4241 m ü. M. an der Südwestflanke ist nach ihm benannt (Pic Tyndall, der über den Tyndall-Grat erreicht werden kann) und zeugt von seinem Ruhm. In Anerkennung seiner Leistungen wurde Tyndall 1887 zum «Ehrenbürger» von Naters ernannt. Als Erinnerung an ihren Ehemann liess Tyndalls Ehefrau Louisa 1911 (18 Jahre nach dessen Tod) ein Denkmal am Fusse des Sparrhorns oberhalb des Hotels Belalp errichten (Koordinaten 632.1080/137.270), welches auf einem gut markierten Wanderweg leicht erreicht werden kann (siehe z. B. ZIMMERMANN, 2007; oder www.aletsch.ch/sommer/kulturnatur/tyndalldenkmal.php) tyndalldenkmal.php).

Zur Untersuchung von luftbürtigen Mikroorganismen nahm Tyndall auf seinen Bergtouren – oft zusammen mit

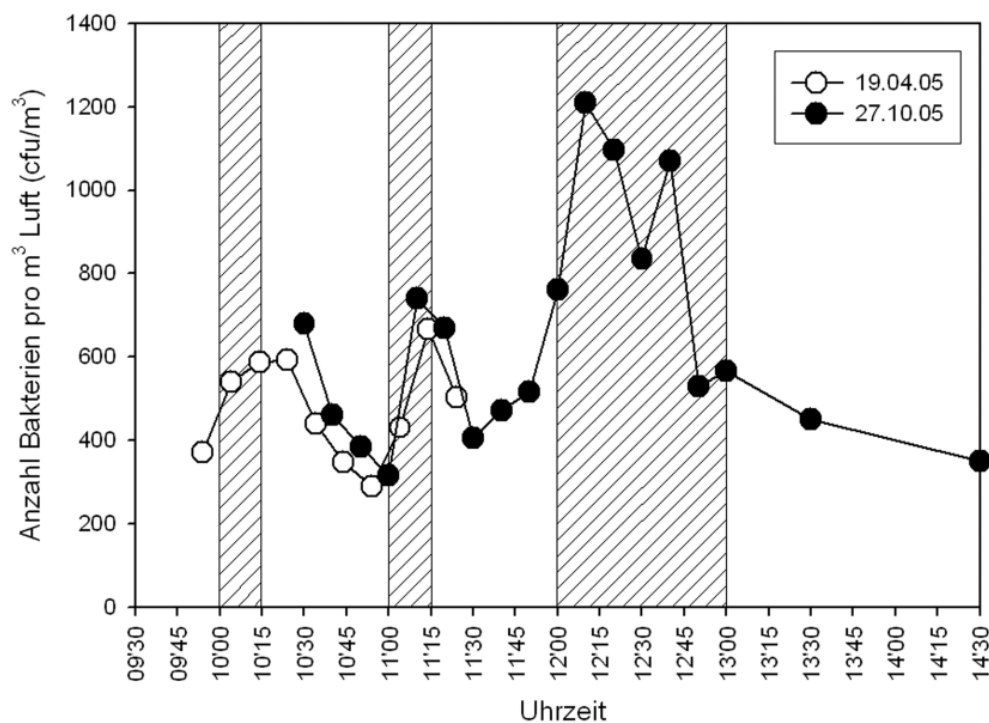


Abb. 3. Zeitlicher Verlauf der Bakterienkonzentration (bestimmt auf einem Nährboden als koloniebildende Einheiten, cfu, pro m³) in der Raumluft des Lichtshof an der Universität Zürich-Irchel an zwei verschiedenen Tagen. Die schraffierten Flächen bezeichnen die Pausen zwischen den Vorlesungen sowie die Mittagspause, wo die Türen zu den Hörsälen geöffnet sind und sich die Studierenden im Lichtshof aufhalten. Am Nachmittag fanden keine Vorlesungen statt.

Fig. 3. Time course of bioaerosols (culturable bacteria determined on nutrient agar as colony-forming units, cfu, per m³) in a large indoor location (university hallway) between 09:30 and 14:30 h on two independent days. Shadowed areas denote times of intermissions between lessons where doors of lecture rooms are opened and students enter the hallway.

Huxley – jeweils zuge-schmolzene Glasampul-len mit, die verschiedene Nährlösungen enthielten. Er öffnete sie mit einer abgeflamten Zange im Freien auf einer Bergspitze, aber auch z. B. in einem Heustall, und inkubierte die Gefässe in der Küche. Das Ergebnis ist für uns nicht erstaunlich: Die im Heustall geöffneten Röhrchen wurden durch das Wachstum von Mikroorganismen trübe, die auf der Bergspitze geöffneten blieben keimfrei. Er zeigte damit, dass Luft abseits von Mensch und Tier kaum Organismen enthält, während in der Luft eines Heustalls viele davon vorhanden sind. Als er später einen Heuballen in sein Laboratorium gebracht hatte, gelang es ihm nicht mehr, seine Nährlösungen steril zu halten. Er zeigte im Folgenden, dass Heubakterien (*Bacillus*

subtilis) Sporen bilden, die durch blosses Abkochen nicht abgetötet werden.

Heute wissen wir, dass auch die Luft auf den Bergspitzen der Alpen nicht frei von Bakterien ist. Aus Trocken-

gebieten, hauptsächlich der Sahara und der Sahelzone in Afrika sowie von ausgetrockneten Seen im Tschad und den Wüsten Asiens wird Staub über die gesamte nördliche Halbkugel verteilt. Die transportierte Menge wird auf 2 bis

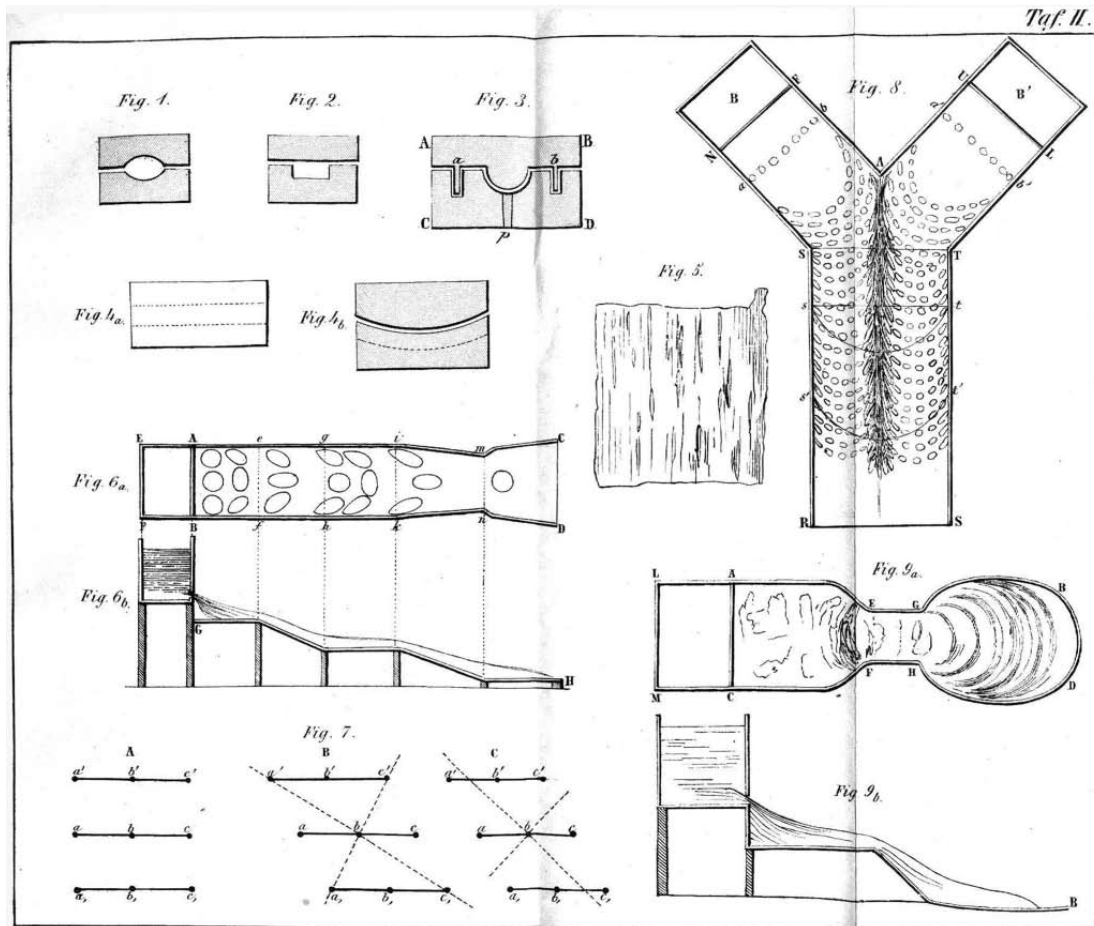


Abb. 4. Tafel aus der Publikation von Rudolf Clausius in der Vierteljahrsschrift (CLAUSIUS, 1858). Die Beschreibungen dazu (aus der Originalarbeit von TYNDALL und HUXLEY, 1857): (1), (2), (3) und (4) zeigen verschiedene Profile aus Holz, mit welchen versucht wurde, Eisklötze durch hohen Druck in linsen- und quaderförmige oder konkave Strukturen umzuformen. (5) Struktur einer Eisplatte vom Unteren Grindelwald-Gletscher, der transparente linsenförmige Eisstrukturen zeigt. (6) Holztrog, etwa 1,8 m lang und 40 cm weit, welcher in fünf Segmente unterteilt ist. Mit diesem Trog wurde das Fliessverhalten von Tonschlamm untersucht und daraus auf dasjenige von Eis geschlossen. (7) Modell des Fliessens von Eis illustriert anhand von drei Linien; A: Ausgangslage; B: unterschiedliche Fliessgeschwindigkeit; C: unterschiedliche Fliessgeschwindigkeit mit gleichzeitiger Verkürzung (analog der Komprimierung des Eises). (8) Mit diesem Holztrog wurde das Zusammenfliessen zweier Gletscher untersucht; gemäss Tyndall z. B. der Lauteraar- und der Finsteraar-Gletscher. (9) Ein Holztrog, welcher den Rhone-Gletscher repräsentiert, dessen Breite sich vom oberen Becken (Punkte AEFC) zum unteren Becken (GHDB) über eine Steilstufe (EFHG) verjüngt. Auf den Schlamm wurde schwarzer Sand gestreut und die Bildung der Streifenstruktur («dirt-bands») untersucht.

Fig. 4. Table reproduced from the publication of Rudolf Clausius in the Vierteljahrsschrift (CLAUSIUS, 1858). Single figures illustrate the work on the flow and deformation of ice under high pressure (taken from the original publication of TYNDALL und HUXLEY, 1857): (1), (2), (3), and (4) depict wood with cavities hollowed out which are filled with ice to be deformed under high pressure. (5) A plate of ice collected from the Lower Grindelwald glacier which shows transparent lenticular structures. (6) Wooden trough divided into five segments. A mixture of water and fine pipe-clay was used to model flow properties of ice. (7) Modeling of ice flow by means of three lines. (8) Wooden trough to model the mutual thrust of two confluent glaciers. The branch terminating at UL is meant to represent the Lauter Aar glacier; that ending at FN the Finster Aar branch. (9) Trough intended roughly to represent the glacier of the Rhone. Between EF and GH the trough narrows and represents the precipitous gorge. While the mud was in slow motion downwards, a quantity of dark-coloured sand was sifted over the space ACEF, and the formation of dirt-bands was studied.

3 Milliarden Tonnen pro Jahr geschätzt. Wenn man annimmt, dass ein Gramm Wüstenboden 10^6 Bakterien (ohne Pilze oder Viren) enthält, werden jährlich 2 bis 3×10^{21} Bakterien in der Atmosphäre transportiert. Wird von einem Durchmesser der Bakterien von $1 \mu\text{m}$ ausgegangen, ergibt dies aneinandergereiht eine feine Perlenkette von 3×10^{12} km, was der 20 000fachen Distanz der Entfernung von der Erde zur Sonne entspricht. Nimmt man ausserdem an, dass 1 kg Boden etwa 500 mg Biomasse enthält, so wird jährlich 1 Million Tonnen Biomasse in die Atmosphäre aufgewirbelt.

Als leidenschaftlicher Alpinist beschäftigte sich John Tyndall auch mit der Struktur, der Bewegung und dem Fliessen von Eis und Gletschern (TYNDALL, 1860). In der Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich aus dem Jahr 1858 (Abb. 4) sind in einer deutschen Übersetzung (CLAUSIUS, 1858) Auszüge eines Berichts abgedruckt, den Tyndall und Huxley ein Jahr zuvor (im Januar 1857) in den «Philosophical Transactions of the Royal Society of London» publiziert haben (TYNDALL und HUXLEY, 1857). Rudolf Clausius kommentiert die Publikation: «*Die schönen Untersuchungen der Hrn. Tyndall und Huxley über die Gletscher müssen ausser dem Interesse, welches sie für die Wissenschaft im Allgemeinen darbieten, für das Land, welches die meisten und grossartigsten Gletscher besitzt, noch einen besonderen Werth haben, und ich glaube daher dem wissenschaftlichen Publikum in der Schweiz einen Dienst zu erweisen, wenn ich in dieser Vierteljahrsschrift jene Arbeiten in möglichst vollständigen Auszügen wiedergebe.*»

5 VERDANKUNGEN

Der Autor dankt Heinrich Bühner für die elektronische Version der Vierteljahrsschrift aus dem Jahr 1858. Das Staatsarchiv des Kantons Zürich ermöglichte den Zugang zu den historischen Sitzungsprotokollen der Naturforschenden Gesellschaft. Ein Dank gebührt Lenore Symons (Royal Institution of Great Britain, London) und Claudia Fischer

(Hauptbibliothek der Universität Zürich-Irchel), welche bei der Beschaffung von Kopien der persönlichen Korrespondenz zwischen John Tyndall und der Naturforschenden Gesellschaft behilflich waren. Die Korrespondenz wird mit Genehmigung der Royal Institution abgedruckt.

6 LITERATUR

CLAUSIUS, R. 1858. Über die Struktur und Bewegung der Gletscher; von John Tyndall und Thomas H. Huxley. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 3, 36–62.

CULVERWEL, N. 1652. An Elegant and Learned Discourse of the Light of Nature. John Rothwell, London, 252 pp. [online unter <http://oll.libertyfund.org>].

SOENTGEN, J. 2006. Die Kulturgeschichte des Staubes. In: «Staub – Spiegel der Umwelt». J. SOENTGEN & K. VÖLZKE eds, pp. 15–31. Oekom-Verlag, München, 272 pp.

THOMAS, G.H. 2005. Microbes in the air: John Tyndall and the spontaneous generation debate. Microbiology today 32, 164–167 [online unter www.sgm.ac.uk/pubs/micro_today/pdf/110501.pdf].

TYNDALL, J. 1860. The Glaciers of the Alps. Murray, London, 444 pp.

TYNDALL, J. 1876. The optical deportment of the atmosphere in relation to the phenomena of putrefaction and infection. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 166, 27–74 [online unter www.jstor.org/view/02610523/ap000077/00a00020/0].

TYNDALL, J. 1881. Essays on the Floating-Matter of the Air in Relation to Putrefaction and Infection. Longmans, Green, and Co., London, 363 pp. [online unter <http://books.google.com/books?id=t7OUIXIOSNewC&dq=editions:0p2OFjvoNERR4yd7&hl=de>].

TYNDALL, J. & HUXLEY, T.H. 1857. On the structure and motion of glaciers. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 147, 327–346 [online unter www.jstor.org/view/02610523/ap000058/00a00150/0].

ZIMMERMANN, D. 2007. Den Gletscher vor Augen. Glückspost 38, 38–39 [online unter www.eurotop-switzerland.ch/Wander-Cup07.pdf].

PD Dr. Helmut Brandl, Universität Zürich, Institut für Umweltwissenschaften, Winterthurerstrasse 190, 8057 Zürich.
Tel. 044 635 61 25, Fax 044 635 57 11, E-Mail: hbrandl@uwinst.uzh.ch